

KEMIRIPAN WILAYAH DALAM MENGHASILKAN PRODUKSI BEBERAPA KOMODITAS PANGAN STRATEGIS

B. H. Priyanto^{*}, I. M. Sumertajaya^{**}, dan Erfiani^{**}

**) Mahasiswa Program Magister Statistika IPB*

***) Dosen Jurusan Statistika IPB*

Abstract

Similarity of regions (provinces in Indonesia) in producing the strategic food production were analyzed based on seven serial data sets and each one consists of nine food commodities weighted by number of population. The food data sets were compiled from Food Security Agency, The Ministry of Agriculture, while the population data was collected from The Statistics Indonesia of the Republic of Indonesia. Main sources of variability on each data set were identified on loading values basis extracted using biplot (Gower and 1996). The similarity of the food production patterns to the overall data sets were evaluated using generalized Procrustes rotation (gPr). Results of this research showed there are two groups of production system pattern. In the first group, there are five commodities dominating the first two components, i.e., paddy, maize, soybean, peanut, and cassava–, while in the second group, there are six commodities dominating the first two components, i.e., paddy, maize, chicken eggs, beef, peanuts, and cassava. Hence, the gPr was applied in both groups separately. Applied the gPr to the first group showed there are seven commodities dominating the first two consensus axis –paddy, maize, soybean, peanut, cassava, chicken egg, and sweet potatoes. This means the chicken eggs and sweet potatoes are considered as common variances. Applied the gPr to the second group indicated that the commodities dominating the two consensus axis are same with ones dominating the first two components. But, if the third consensus axis is assumed important then soybean seem as common source of variability in the second group. Consequently, the similarities of the data sets in each group was established based upon identified sources of variability.

Keywords. Similarity, biplot, orthonormal, main/common sources of variability, generalized Procrustes rotation, subspace, consensus axis.

Abstrak

Kemiripan wilayah dalam menghasilkan produksi pangan dianalisis berdasarkan tujuh gugus data serial yang masing-masing terdiri atas sembilan komoditas pangan strategis yang diboboti oleh jumlah penduduk. Data komoditas pangan dikumpulkan dari Badan Ketahanan Pangan, Departemen Pertanian, sedang data penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik. Keragaman utama masing-masing gugus data diidentifikasi berdasarkan muatan komponen utama yang diekstrak dengan menggunakan biplot (Gower dan Hand 1996). Kemiripan pola produksi pangan dari setiap gugus data dievaluasi dengan menggunakan rotasi Procrustes terampat (rPt). Hasil biplot menunjukkan ada dua grup pola sistem produksi. Dalam grup I, ada lima komoditas yang mendominasi dua komponen pertama –yaitu padi, jagung, kedelai, kacang tanah, dan ubikayu. Dalam grup II, ada enam komoditas yang

mendominasi dua komponen pertama –yaitu padi, jagung, telur ayam ras, daging sapi, kacang tanah, dan ubikayu. Berdasarkan hasil-hasil tersebut, transformasi rPt diterapkan pada masing-masing grup secara terpisah. Penerapan transformasi pada grup I memperlihatkan ada enam komoditas yang mendominasi dua sumbu konsensus pertama –padi, jagung, telur ayam ras, kedelai, kacang tanah, dan ubijalar. Telur ayam ras dan ubijalar dalam grup ini dipandang sebagai sumber keragaman umum. Penerapan rPt pada grup II menunjukkan enam komoditas yang mendominasi sumbu konsensus sama dengan yang mendominasi dua komponen pertama dalam setiap gugus data. Jika sumbu konsensus ke tiga dipertimbangkan maka kedelai dapat dipandang sebagai sumber keagaman umum dalam grup II. Oleh sebab itu, kemiripan gugus data dalam tiap grup ditetapkan berdasarkan sumber keragaman yang telah diidentifikasi.

Katakunci. Kemiripan, biplot, ortonormal, keragaman utama/umum, rotasi Procrustes, anakruang, sumbu konsensus.

PENDAHULUAN

Keberhasilan program peningkatan produksi pangan biasanya dinilai berdasarkan persentase tambahan produksi yang dicapai dibandingkan dengan kuantitas produksi sebelumnya atau indeks nilai produksi berdasarkan waktu acuan. Jika total produksi meningkat, kedua pendekatan akan membawa pada klaim **meningkatnya kapabilitas wilayah** (baca pemerintah) dalam menghasilkan produksi, tetapi gagal menolak adanya indikasi kelangkaan pangan yang ditandai oleh naiknya harga-harga pangan. Untuk mengatasi kelemahan ini, kapabilitas dalam menghasilkan produksi dapat dinilai dengan indeks produksi yang diboboti permintaan, tetapi pendekatan ini tidak dapat mengidentifikasi sumber keragaman dalam setiap gugus data.

Biplot dapat mengidentifikasi sumber keragaman utama dalam setiap gugus data (Gabriel 1971, Gower dan Hand 1996) dan menilai kapabilitas dengan teknik pembobotan komponen utama tetapi tidak dapat mengidentifikasi kemiripan dari dua atau lebih gugus data sekaligus dan sumber keragaman umum tersembunyi (*hidden common-variances*) yang perannya tidak dapat diabaikan dalam setiap gugus data. Rotasi Procrustes terampat (**rPt**, *generalized Procrustes rotation* [**gPr**]) atau analisis Procrustes terampat (*generalized Procrustes analysis* [**gPa**]) dapat digunakan untuk menilai kemiripan dan mengidentifikasi sumber-sumber keragaman umum (Krzanowski 2000). Jadi, biplot dan rPt dapat dipandang sebagai dua teknik identifikasi yang saling melengkapi.

Naskah ini mempunyai tujuan untuk mengidentifikasi peubah-peubah yang menjadi (1) sumber keragaman utama dalam setiap gugus data, dan (2) sumber keragaman umum yang tidak muncul pada setiap gugus data tetapi perannya tidak dapat diabaikan. Hasil penelitian ini merupakan basis untuk menilai kapabilitas wilayah dan diharapkan berguna dalam perencanaan pembangunan di berbagai bidang, khususnya produksi pangan.

METODE

Data produksi sembilan komoditas pangan strategis (1970-2008) diperoleh dari Badan Ketahanan Pangan (BKP, Deptan). Jumlah penduduk hasil sensus dan proyeksi (2001-2010) diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data proyeksi jumlah penduduk selain tahun-tahun tersebut diduga dengan pendekatan linear.

Untuk mengurangi adanya fluktuasi jangka pendek akibat bencana, misalnya banjir, kekeringan, dan serangan hama/penyakit), analisis menggunakan rata-rata produksi per kapita (kg/kap) dalam tiga tahunan dengan interval lima tahunan (1984-1986, 1989-1991, ..., 2004-2006), kecuali gugus data tahun 2007 dan 2008. Untuk mempertahankan tren konfigurasi produksi, provinsi hasil pemekaran digabungkan ke provinsi induknya. Jadi, setiap matriks (gugus data) dalam analisis ini terdiri atas $n = 26$ baris dan $p = 9$ kolom.

Koefisien kemiripan dari konfigurasi diukur atas dasar konfigurasi gugus data pada waktu acuan pada grup gugus data.

Biplot

Kata **biplot** diperkenalkan oleh Gabriel (1971) dalam konteks komponen utama, disini kita sebut **biplotGb**. Gower (1995) mengembangkan biplot terampat (*generalized biplot*) berdasarkan konsep MDS (*multidimensional scaling*) untuk mempertegas hubungan antara komponen utama dan MDS (Hofmann 1998); disini kita sebut **biplotGw** –yang kemudian dipublikasi oleh Gower dan Hand (1996). Informasi penting dalam biplotGb terletak pada: (1) plot titik-titik contoh, (2) panjang dan arah vektor, dan (3) sudut antarvektor. Titik-titik yang berdekatan dikatakan mirip (*similar*) dan yang berjauhan dikatakan takmirip (*disimilar*). Panjang vektor menandai besarnya sumbangan ragam dari peubah dan besarnya sudut antarvektor (*intervectors*) menandai kuatnya korelasi antarpeubah (*intervariables*). Interpretasi serupa untuk biplotGw, tetapi dengan perbedaan: (1) panjang vektor digantikan oleh ukuran skala dari peubah aslinya –makin besar ukuran skala makin besar ragam dari peubah, dan (2) sumbu biplot diwakili oleh peubah aslinya yang diberi skala dan tidak ortogonal seperti halnya biplotGb, sehingga biplotGw dapat memvisualisasi prediksi dari peubah melalui proyeksi ortogonal dan interpolasi (memposisikan) contoh baru dalam tampilan biplot.

Kedua biplot dapat diekstrak dengan teknik yang sama, yaitu penguraian nilai singular $\mathbf{X} = \mathbf{UDV}'$, dimana \mathbf{X} adalah matriks yang berukuran $n \times p$ dan mempunyai pangkat (*rank*) $r = \min(n, p)$, \mathbf{U} adalah matriks singular kiri $n \times p$, \mathbf{V} adalah matriks singular kanan $p \times p$, dan $\mathbf{D} = \text{diag}(\sigma_1, \dots, \sigma_r, 0, \dots, 0)$ dengan $\sigma_1 > \dots > \sigma_r > 0$ sedang σ_k^2 adalah akarciri padanan vektorciri ke- k , \mathbf{v}_k (kolom-kolom matriks \mathbf{V}), $k = 1, \dots, r$. Kualitas biplot dapat diukur atas dasar rasio antara jumlah dua akarciri terbesar pertama dan total akarciri (Gabriel 1971, Gower dan Hand 1996). Dalam biplotGw, kualitas biplot juga diukur atas dasar rata-rata absolut galat (simpangan) relatif antara nilai prediksi dan nilai pengamatan yang diboboti ring (*range*). Kualitas peubah diukur berdasarkan jumlah kuadrat dari baris \mathbf{V}_r , yaitu $\mathbf{V}_r \mathbf{V}_r' \mathbf{1}$, dimana $\mathbf{1}$ adalah vektor yang semua elemennya bernilai 1.

Rotasi Procrustes

Rotasi Procrustes (rP) biasanya berkenaan dengan (1) pengepasan (*fitting*) dua konfigurasi, yaitu pengepasan matriks uji ke matriks acuan (*target*) dengan kriteria kuadrat terkecil (*least square*), dan (2) perbandingan anakruang (*subspace comparison*). Yang pertama berguna untuk menilai perubahan konfigurasi, sedang yang kedua berguna untuk menilai kesamaan (*coincide*) anakruang. Dalam perbandingan konfigurasi, yang dibandingkan adalah sifat-sifat internal (*internal relationship*) dari n titik yang diperagakan oleh dua atau lebih konfigurasi dalam ruang yang berdimensi sama, katakanlah p . Sifat internal ini invarian terhadap transformasi translasi, rotasi, dan dilasi (Krzanowski 2000).

Pembandingan Anakruang.

Pendekatan ini berguna untuk mengidentifikasi sumber-sumber keragaman umum (*common sources of variability*) dalam gugus data, yaitu peubah-peubah yang perannya tersembunyi dalam biplot tunggal tetapi penting (tidak dapat diabaikan) jika semua gugus data dipertimbangkan sekaligus. Ini didasarkan pada fakta bahwa anakruang-anakruang yang koinsiden* menandai sumber-sumber keragaman yang identik jika gugus data dibangkitkan dari peubah-peubah yang sama (Krzanowski 2000, Gower dan Hand 1996). Untuk membandingkan g anakruang, kita harus menetapkan sumbu konsensus, yaitu rata-rata sumbu komponen dari anakruang-anakruang yang dibandingkan.

Misalkan tersedia g gugus data, masing-masing terdiri atas n_s contoh (obyek) dan p peubah dalam gugus ke- s ($s = 1, \dots, g$). Anggaplah setiap gugus ke- s diwakili oleh k_s komponen utama

* Diserap dari *coincident* –asal kata *coincide*, artinya serupa, menempati ruang dan waktu yang sama, posisinya secara eksak berpadanan (ekivalen), atau konkuren (Webster 2003).

pertama. Jika banyaknya komponen utama pertama berbeda, maka definisikan $k = \min(k_1, \dots, k_g)$ untuk membangkitkan k vektor konsensus dan k sudut kritis yang tidak nol. Misalkan \mathbf{L}_s adalah matriks berukuran $k \times p$ yang elemen-elemen ke- ij -nya adalah muatan (*loading*) dari peubah ke- j pada komponen utama ke- i dalam gugus ke- s ($i = 1, \dots, k; j = 1, \dots, p$; dan $s = 1, \dots, g$). Misalkan \mathbf{b} adalah vektor sembarang (konsensus) dalam ruang data aslinya yang berdimensi- p dan α_s adalah sudut antara \mathbf{b} dan anakruang yang didefinisikan oleh k komponen utama pertama dalam gugus ke- s . Maka vektor \mathbf{b} yang memaksimumkan $V_s = \sum_{s=1}^g \cos^2 \alpha_s$ diberikan oleh vektorciri \mathbf{b}_s padanan akarciri $\lambda_s = \sigma_s^2$ dari matriks $\mathbf{M} = \sum_{s=1}^g \mathbf{L}_s' \mathbf{L}_s$. Ukuran simpangan antara sumbu konsensus \mathbf{b}_s dan anakruang yang berdimensi- k adalah $\alpha_s = \cos^{-1} \sqrt{\mathbf{b}_s' \mathbf{L}_s' \mathbf{L}_s \mathbf{b}_s}$ (Krzanowski 2000).

Pembandingan Konfigurasi.

Diberikan matriks acuan \mathbf{X} dan matriks uji \mathbf{Y} maka ada matriks ortogonal \mathbf{Z} yang bersifat $\mathbf{Z}'\mathbf{Z} = \mathbf{Z}\mathbf{Z}' = \mathbf{I}$ yang meminimumkan matriks jarak $\mathbf{L} = \mathbf{X} - \mathbf{YZ}$. Prosedur pengepasan konfigurasi \mathbf{X} ke \mathbf{Y} (Borg dan Groenen 2005) meliputi tahapan berikut:

1. Hitung matriks $\mathbf{C} = \mathbf{X}'\mathbf{J}\mathbf{Y}$ dimana $\mathbf{J} = \mathbf{I} - n^{-1}\mathbf{1}\mathbf{1}'$, \mathbf{I} adalah matriks identitas, dan $\mathbf{1}$ adalah vektor yang semua elemennya bernilai 1. Jika kedua matriks telah dipusatkan di titik asal, maka \mathbf{J} tidak diperlukan di tahap ini dan tahap 4.
2. Laksanakan penguraian nilai singular $\mathbf{C} = \mathbf{UDV}'$.
3. Hitung rotasi optimal $\mathbf{Z} = \mathbf{V}\mathbf{U}'$.
4. Hitung faktor dilasi optimal $d = \text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{J}\mathbf{Y}\mathbf{Z})/\text{tr}(\mathbf{Y}'\mathbf{J}\mathbf{Y})$. Faktor dilasi d disebut sebagai **ukuran kemiripan** (*similarity measurement*).
5. Hitung vektor translasi optimal dihitung $\mathbf{t} = n^{-1}(\mathbf{X} - \mathbf{YZ})'\mathbf{1}$.

Catatlah bahwa proses pengepasan di atas tidak bersifat simetrik karena sistem skala yang terbaik untuk \mathbf{Y} relatif pada \mathbf{X} bukan sistem skala yang terbaik untuk \mathbf{X} relatif pada \mathbf{Y} (Krzanowski 2000), dengan perkataan lain, biasanya $\text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{X}) \neq \text{tr}(\mathbf{Y}'\mathbf{Y})$.

Pengepasan simetrik mudah dikerjakan dengan cara mentransformasi kedua matriks sehingga dipenuhi kondisi $\text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{X}) = \text{tr}(\mathbf{Y}'\mathbf{Y}) = 1$. Jika transformasi ini dikerjakan sebelum penguraian nilai singular, maka $d^2 + d_{\min(\mathbf{XY})}^2 = 1$, dimana $d = \text{tr}(\mathbf{D})$ (dari tahap 2) dan $d_{\min(\mathbf{XY})}^2$ adalah jumlah kuadrat sisaan terkecil antara dua konfigurasi setelah transformasi. Karena d^2 dan $d_{\min(\mathbf{XY})}^2$ keduanya mempunyai minimum 0 dan maksimum 1, maka d dapat diinterpretasi sebagai ukuran penyusutan dari konfigurasi yang lebih besar ke yang kecil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karena terbatasnya ruang yang tersedia, penulis hanya menyajikan hasil analisis dalam bentuk tabel dan grafik di Lampiran. Data tidak disertakan. Bagi yang berkepentingan dapat meminta kopi data dari sumber yang disebutkan dalam naskah ini.

Biplot. Empat kolom pertama matriks \mathbf{V} untuk 7 gugus data disajikan dalam Lampiran 1. Total ragam dari empat komponen ini ada dalam selang 71.7-78.0%. Dua komponen pertama menyumbangkan 44.0-52.0%. Ini menunjukkan bahwa kualitas biplot tergolong moderat. Kualitas ini juga diperlihatkan oleh muatan peubah pada komponen pertama yang bernilai moderat sampai rendah (Lampiran 1). Total ragam dari peubah-peubah pada dua komponen pertama bernilai moderat (Tabel 1). Rataan galat absolut relatif terkecil 6.13% dan terbesar 18.17% (Lampiran 5). Galat terbesar ini berpadanan dengan kontribusi ragam (0.16) dari peubah tar (telur ayam ras) pada gugus data 1985.

Tabel 1. Kualitas peubah pada biplot (dua komponen pertama).

	Jumlah kuadrat muatan peubah							Total ragam						
	1985	1990	1995	2000	2005	2007	2008	1985	1990	1995	2000	2005	2007	2008
pad	0.39	0.32	0.21	0.17	0.19	0.18	0.28	0.79	0.61	0.48	0.39	0.48	0.42	0.63
jag	0.34	0.40	0.24	0.33	0.32	0.30	0.40	0.79	0.80	0.55	0.71	0.62	0.50	0.83
tar	0.09	0.15	0.35	0.03	0.24	0.24	0.21	0.16	0.40	0.68	0.08	0.55	0.53	0.46
dar	0.22	0.13	0.36	0.12	0.18	0.20	0.11	0.62	0.32	0.57	0.25	0.36	0.33	0.22
dsp	0.11	0.03	0.07	0.25	0.27	0.26	0.24	0.24	0.05	0.17	0.48	0.63	0.58	0.50
ked	0.15	0.21	0.17	0.35	0.15	0.14	0.10	0.40	0.50	0.43	0.78	0.35	0.31	0.22
kct	0.21	0.28	0.28	0.34	0.24	0.24	0.16	0.59	0.71	0.76	0.77	0.55	0.51	0.36
ubk	0.31	0.40	0.24	0.32	0.29	0.34	0.38	0.69	0.79	0.52	0.68	0.56	0.56	0.75
ubj	0.18	0.09	0.09	0.08	0.11	0.10	0.13	0.41	0.19	0.17	0.16	0.27	0.22	0.28

Karena kualitas (sumbangan ragam) dari peubah pada komponen adalah moderat sampai rendah, maka sulit untuk menilai sumber keragaman utama berdasarkan muatan (*loading*). Sebagai gantinya, digunakan nilai korelasi antara peubah dan komponen (Lampiran 2). Berdasarkan korelasi ini, ada dua grup pola sistem produksi. Grup I adalah gugus data 1985, 1990, 1995, dan 2000. Dalam grup pertama ini –secara umum– ada lima komoditas yang mendominasi dua komponen pertama, yaitu padi, jagung, kedelai, kacang tanah, dan ubikayu. Grup II adalah gugus data 2005, 2007, dan 2008. Dalam grup ini ada enam komoditas yang mendominasi dua komponen pertama, yaitu padi, jagung, telur ayam ras, daging sapi, kacang tanah, dan ubikayu.

Komoditas daging sapi (dsp) dan telur ayam ras (tar) yang bukan sumber keragaman utama dalam grup I menjadi sumber keragaman utama dalam grup II, dan komoditas kedelai tidak lagi menjadi sumber keragaman utama dalam grup II. Apakah pola sistem produksi ini berkaitan dengan perubahan pola konsumsi penduduk? Jawaban pertanyaan ini membutuhkan kajian lebih lanjut, dan di luar cakupan naskah ini.

Pembandingan Anakruang. Jika semua gugus data dipertimbangkan sekaligus, peubah-peubah yang tersembunyi dalam biplot tunggal dapat muncul sebagai sumber keragaman yang perannya tidak dapat diabaikan. Peubah-peubah tersembunyi ini disebut sumber keragaman umum (*common sources of variability*). Identifikasi sumber keragaman ini identik dengan pengertian pemilihan peubah (*variable selection*); merupakan tahap awal yang sangat penting sebelum analisis lanjutan.

Pembandingan serentak empat gugus data dalam grup I memperlihatkan telur ayam ras (tar) dan ubijalar (ubj) yang tidak mendominasi dua komponen pertama muncul mendominasi dua sumbu konsensus (Tabel 2). Besarnya sudut antara pasangan sumbu konsensus pertama dan komponen pertama untuk setiap gugus adalah kecil (2.0° - 7.3°). Sudut-sudut ini mulai membesar pada sumbu konsensus ke dua, dan sumbu-sumbu berikutnya. Ini menunjukkan bahwa hanya dua komponen pertama dan 7 komoditas yang perlu dipertimbangkan untuk analisis berikutnya, yaitu padi, jagung, kedelai, kacang tanah, dan ubikayu sebagai sumber keragaman utama dengan sumber keragaman umum komoditas telur ayam ras dan ubijalar.

Pembandingan serentak tiga gugus data dalam grup II tidak memperlihatkan adanya perubahan sumber keragaman jika hanya dua sumbu konsensus yang dicermati (Tabel 2). Karena pasangan

antara sumbu konsensus dan komponen pertama sampai ke tiga sangat kecil, maka komponen ke tiga tidak dapat diabaikan. Ini menandai bahwa tiga komponen pertama adalah penting dan enam sumber keragaman yang telah diidentifikasi oleh biplot **belum optimal**, karena komoditas kedelai perannya tersembunyi dalam biplot tunggal. Berdasarkan hasil ini, ada 7 komoditas yang harus dipertimbangkan dalam analisis berikutnya, yaitu padi, jagung, telur ayam ras, daging sapi, kacang tanah, ubikayu, dan kedelai.

Untuk memeriksa validitas hasil komputasi (Tabel 2), catatlah bahwa jumlah kuadrat cosinus sudut antara pasangan sumbu konsensus dan komponen yang berpadanan sama dengan nilai singular yang dihitung dari matriks $\mathbf{M} = \sum_{s=1}^g \mathbf{L}_s' \mathbf{L}_s$. Sebagai contoh $\cos^2(2.0) + \cos^2(7.3) + \cos^2(6.2) + \cos^2(4.0) = 3.966$. Nilai 3.966 adalah nilai singular pertama dari matriks $\mathbf{M} = \sum_{s=1}^g \mathbf{L}_s' \mathbf{L}_s$.

Tabel 2. Kedekatan komponen utama dengan sumbu konsensus.

Peubah	Grup 1				Grup 2			
	\mathbf{b}_1	\mathbf{b}_2	\mathbf{b}_3	\mathbf{b}_4	\mathbf{b}_1	\mathbf{b}_2	\mathbf{b}_3	\mathbf{b}_4
pad	<u>0.441</u>	0.402	-0.179	0.090	<u>0.411</u>	0.351	-0.143	-0.193
jag	0.218	<u>-0.384</u>	0.465	-0.002	-0.219	<u>0.409</u>	-0.458	0.109
tar	0.166	<u>0.432</u>	0.417	0.339	<u>0.492</u>	0.239	-0.175	0.090
dar	-0.270	0.323	0.212	<u>0.499</u>	0.226	-0.165	0.312	<u>0.709</u>
dsp	-0.079	0.204	0.275	<u>-0.664</u>	<u>0.486</u>	0.221	0.052	-0.261
ked	<u>0.548</u>	-0.094	-0.265	-0.072	-0.185	0.418	<u>0.576</u>	-0.128
kct	<u>0.554</u>	0.008	0.004	0.102	-0.195	<u>0.503</u>	0.403	0.050
ubk	0.169	-0.407	<u>0.533</u>	0.114	<u>-0.349</u>	0.330	-0.380	0.316
ubj	-0.125	<u>-0.428</u>	-0.321	0.399	-0.242	-0.199	-0.008	<u>-0.503</u>
Akarciri (\square_i^2)	15.730	14.487	12.704	7.728	8.975	8.874	8.730	7.513
Nilai singular (\square_i)	3.966	3.806	6.59	2.780	2.996	2.979	2.955	2.741
Sudut antara komponen utama dan sumbu konsensus								
Gugus data	\mathbf{k}_1	\mathbf{k}_2	\mathbf{k}_3	\mathbf{k}_4	\mathbf{k}_1	\mathbf{k}_2	\mathbf{k}_3	\mathbf{k}_4
1985	2.0	19.7	28.0	32.4				

1990	7.3	10.4	12.8	17.8				
1995	6.2	9.8	6.5	6.7				
2000	4.0	7.9	23.0	65.3				
2005					2.3	2.7	5.1	22.1
2007					1.6	6.0	5.9	13.2
2008					2.4	5.1	9.4	14.8
Jumlah $\cos^2 \square$	3.966	3.806	6.59	2.780	2.996	2.979	2.955	2.741

Pembandingan Konfigurasi. Ada dua grup gugus data dengan 7 komoditas yang berbeda. Grup I mengabaikan peran daging ayam ras dan daging sapi, dan grup II mengabaikan peran daging ayam ras dan ubijalar karena memberikan sumbangan keragaman kecil. Kemiripan konfigurasi gugus data dalam grup I menggunakan acuan gugus data 1985 (rata-rata per kapita 1984, 1985, dan 1986) dan grup II menggunakan acuan gugus data 2005 (rata-rata per kapita 1984, 1985, dan 1986).

Karena relevansi gugus data dalam grup I untuk perencanaan peningkatan kapabilitas wilayah dalam memproduksi pangan strategis di masa mendatang tidak sepenting gugus data dalam grup II, maka hanya kemiripan gugus data dalam grup II yang disajikan. Pembandingan konfigurasi produksi komoditas pangan tahun 2007 dan 2008 dengan menggunakan semua peubah (komoditas) dan tujuh peubah terpilih memberikan ukuran kemiripan (d) dan galat (e^2) yang nilainya hampir sama (Tabel 3). Ini menunjukkan bahwa identifikasi sumber-sumber keragaman atau pemilihan peubah merupakan tahap awal yang sangat penting sebelum analisis lanjutan karena berkaitan dengan akurasi dan efisiensi, misalnya biaya pengumpulan data, komputasi, waktu, dan tenaga. Ukuran kemiripan $d > 1$ menandai bahwa produksi 9 komoditas pangan strategis yang dihasilkan oleh wilayah provinsi pada 2007 dan 2008 berubah dari pusat data 2005 (rata-rata tiga tahunan produksi per kapita 2004-2006) dengan ukuran kesebandingan yang sama, artinya beberapa produksi per kapita naik dan beberapa yang lainnya turun.

Tabel 3. Kemiripan konfigurasi gugus data 2007 dan 2008 terhadap gugus data acuan (2005).

Statisik	Semua peubah		7 peubah terpilih	
	2007	2008	2007	2008
$\text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{Y}\mathbf{Z}) = \text{tr}(\mathbf{D})$	1,096,618.4	1,143,215.2	1,083,004.6	1,532,128.9
$\text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{X})$	1,384,003.3	1,474,454.0	1,369,915.4	1,915,241.6
$\text{tr}(\mathbf{Y}'\mathbf{Y})$	929,037.5	929,037.5	915,770.8	1,271,676.8
d (ukuran kemiripan)	1.180	1.231	1.183	1.205
d^2	1.393	1.514	1.399	1.452
$e^2 = \text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{X}) - d^2 \text{tr}(\mathbf{Y}'\mathbf{Y})$	89,575.6	67,685.2	89,137.6	69,317.5

Penerapan transformasi simetrik memberikan kesimpulan yang sama meskipun besarnya ukuran kemiripan dan galat sangat berbeda (Tabel 4). Dalam hal ini, d merupakan ukuran penyusutan dari konfigurasi yang lebih besar ke konfigurasi yang kecil, tetapi arah dari

perkembangan konfigurasi (baca produksi per kapita) tidak diketahui karena pengepasan dari \mathbf{X} ke \mathbf{Y} atau sebaliknya memberikan statistik d yang sama. Nilai $d < 1$ hanya menandai bahwa ada perubahan konfigurasi.

Tabel 4. Kemiripan konfigurasi gugus data 2007 dan 2008 terhadap gugus data acuan (2005) setelah transformasi kesimetrian.

Statistik	Semua peubah		7 peubah terpilih	
	2007	2008	2007	2008
$\text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{Y}\mathbf{Z}) = \text{tr}(\mathbf{D})$	0.965	0.956	0.963	0.953
$\text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{X})$	1	1	1	1
$\text{tr}(\mathbf{Y}'\mathbf{Y})$	1	1	1	1
d (ukuran kemiripan)	0.965	0.956	0.963	0.953
d^2	0.932	0.914	0.928	0.909
$e^2 = \text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{X}) - d^2 \text{tr}(\mathbf{Y}'\mathbf{Y})$	0.068	0.086	0.072	0.091

KESIMPULAN

Gabungan biplot dan rPt merupakan teknik analisis kestatistikan yang andal untuk mengidentifikasi sumber-sumber keragaman atau pemilihan peubah karena dapat mempertahankan akurasi dan meningkatkan efisiensi tanpa harus kehilangan banyak informasi yang dikandung oleh gugus data. Akurasi dan kesimpulan dari gugus data lengkap dan peubah terpilih adalah identik.

Analisis kemiripan dengan/tanpa transformasi kesimetrian adalah identik. Keduanya dapat menandai adanya perubahan konfigurasi, dalam hal ini, peningkatan produksi per kapita dari komoditas pangan strategis dari waktu ke waktu dengan pola sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Borg, I., and Groenen, P. J. F. 2005. *Modern Multidimensional Scaling, Theory and Applications*.
- Gabriel, K. 1971. *The biplot graphical display matrices with application to principal components analysis*. Biometrika 74: 59-69
- Gower, J., and Hand, D. 1996. *Biplots*. Chapman and Hall, London.
- Gower, J. 1995. *A general theory of biplots*. In Krzanowski, W. J. (Ed.). 1995. *Recent Advances in Descriptive Multivariate Analysis*. Lecture Note 2. Royal Statistical Society. p283–300.
- Grange, A. L. 2008. *BiplotGUI: Interactive Biplot in R*. Department of Statistics and Actuarial Science, Stellenbosch University, South Africa. <http://biplotgui.r-forge.r-project.org/>
- Hofmann, H. 1998. *Interactive Biplots*. Department for Computer Oriented Statistics and Data Analysis, University of Augsburg, German. <http://math.uni-augsburg.de>
- Krzanowski, W. J. 2000. *Principles of Multivariate Analysis: User's Prespective. Second Edition (Revised)*. Oxford University Press, New York.

Lampiran 1. Komponen utama dari 7 gugus data komoditas pangan strategis
(matriks **V** dari **X = UDV'**)

	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄
	1985				1990				1995				2000			
pad	0.26	<u>0.57</u>	-0.01	-0.06	0.29	<u>0.49</u>	0.20	0.03	0.36	-0.29	<u>0.38</u>	0.13	0.36	0.22	0.27	<u>0.55</u>
jag	<u>0.41</u>	-0.41	0.02	-0.02	0.37	<u>0.51</u>	0.02	0.05	<u>0.39</u>	0.29	0.31	0.29	<u>0.39</u>	0.42	0.14	0.26
tar	-0.02	0.29	<u>0.62</u>	0.48	0.37	-	0.27	<u>0.40</u>	0.33	<u>-0.49</u>	0.26	0.03	0.16	0.08	<u>0.60</u>	0.22
dar	<u>-0.46</u>	-0.07	0.46	-0.02	<u>0.31</u>	-	0.54	0.27	0.04	<u>-0.60</u>	0.39	0.14	0.23	0.25	0.43	<u>0.51</u>
dsp	0.18	-0.28	0.01	0.56	0.09	-	-	0.42	-0.23	-0.12	0.20	<u>0.62</u>	0.08	<u>0.49</u>	0.04	0.33
ked	0.36	0.14	0.18	<u>-0.48</u>	0.38	-	-	0.51	0.38	0.15	<u>0.47</u>	0.08	<u>0.48</u>	0.35	0.25	0.10
kct	<u>0.44</u>	0.13	0.42	-0.12	0.48	-	0.15	0.15	<u>0.52</u>	0.01	0.17	0.12	<u>0.49</u>	0.32	0.26	0.11
ubk	0.34	<u>-0.44</u>	0.21	0.05	0.36	0.52	0.18	0.14	0.34	0.35	<u>0.46</u>	0.21	0.37	0.43	0.06	<u>0.42</u>
Ubj	-0.28	-0.32	0.38	<u>-0.45</u>	-	0.18	0.07	0.54	-0.14	0.27	-	<u>0.65</u>	0.15	-	-	-
σ_i^2	2.84	1.84	1.30	1.07	2.72	1.65	1.12	1.08	2.752	1.583	1.44	1.19	2.38	1.91	1.57	1.13
σ_i	1.69	1.36	1.14	1.03	1.65	1.28	1.06	1.04	1.66	1.26	1.20	1.09	1.54	1.38	1.25	1.06
$\sigma \sigma_i^2$	31.6	52.0	66.0	78.0	30.2	48.5	61.0	73.0	30.6	48.2	64.2	77.4	26.5	47.7	65.1	77.6
	2005				2007				2008							
Pad	0.44	-0.04	0.12	<u>0.53</u>	<u>0.42</u>	0.10	0.26	0.16	<u>0.50</u>	0.17	-	0.04	0.23			
Jag	0.16	<u>0.54</u>	0.37	-0.02	0.14	<u>0.53</u>	0.32	0.13	0.37	<u>-0.51</u>	0.08	0.14				

Tar	0.42	-0.24	0.30	0.02	<u>0.45</u>	0.17	0.29	0.08	0.41	0.18	-	0.32	0.29
Dar	0.16	-0.40	0.09	<u>-0.73</u>	0.03	<u>0.45</u>	-	-	-0.03	0.33	<u>0.51</u>	-	0.46
Dsp	<u>0.45</u>	-0.26	0.05	0.15	<u>0.46</u>	0.22	0.15	0.30	0.26	<u>0.42</u>	0.28	0.39	
Ked	0.32	0.23	<u>-0.62</u>	-0.07	0.35	0.14	<u>0.63</u>	0.02	0.30	0.11	<u>0.54</u>	-	0.44
Kct	0.40	0.28	<u>-0.43</u>	-0.22	0.42	0.25	<u>0.48</u>	0.02	0.38	-0.11	0.26	<u>0.44</u>	-
Ubk	0.09	<u>0.54</u>	0.37	-0.28	0.08	<u>0.58</u>	0.17	0.33	0.20	<u>-0.58</u>	0.20	-	0.04
Ubj	<u>-0.32</u>	0.07	-0.19	0.18	0.29	0.13	-	<u>0.61</u>	-0.31	-0.18	<u>0.39</u>	0.30	
\square_i^2	2.49	1.88	1.39	1.05	2.32	1.64	1.33	1.17	2.28	1.97	1.37	1.28	
\square_i	1.58	1.37	1.18	1.03	1.52	1.28	1.15	1.08	1.51	1.40	1.17	1.13	
$\square \square_i^2$	27.6	48.5	64.0	75.7	25.8	44.0	58.7	71.7	25.3	47.2	62.4	76.6	

Lampiran 2. Korelasi antara peubah-peubah dan sumbu biplot (k_i).

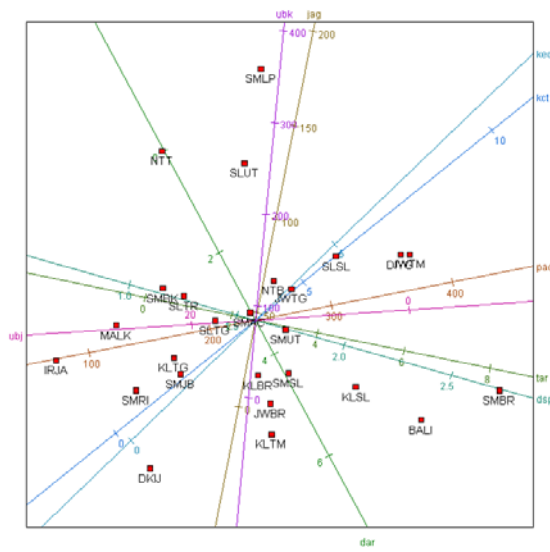
	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄		k ₁	k ₂	k ₃	k ₄		k ₁	k ₂	k ₃	k ₄		k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	
	1985					1990					1995					2000				
pad	0.43	<u>0.78</u>	-0.02	-0.06		0.47	<u>0.62</u>	0.21	0.03		<u>0.59</u>	0.36	0.45	0.14		<u>0.55</u>	0.30	0.34	0.59	
jag	<u>0.69</u>	-0.56	0.02	-0.02		0.61	<u>0.66</u>	0.02	0.05		<u>0.65</u>	0.37	0.38	0.32		<u>0.61</u>	0.58	0.17	0.28	
tar	-0.03	0.40	0.71	0.50		<u>0.62</u>	0.13	0.29	0.41		0.55	<u>0.62</u>	0.31	0.04		0.25	0.11	0.76	0.23	
dar	<u>-0.78</u>	-0.09	0.52	-0.02		<u>0.51</u>	0.24	0.57	0.28		0.06	<u>0.76</u>	0.47	0.16		0.35	0.35	0.53	0.55	
dsp	0.31	-0.38	0.01	0.58		0.15	0.17	0.75	0.44		0.38	0.15	0.23	0.68		0.13	<u>0.68</u>	0.05	0.35	
ked	<u>0.60</u>	0.19	0.20	-0.50		<u>0.62</u>	0.33	0.17	0.53		<u>0.63</u>	0.19	0.56	0.09		<u>0.74</u>	0.48	0.31	0.11	
kct	<u>0.75</u>	0.18	0.48	-0.12		<u>0.80</u>	0.27	0.16	0.15		<u>0.87</u>	0.01	0.21	0.14		<u>0.76</u>	0.44	0.32	0.12	
ubk	0.58	<u>-0.59</u>	0.24	0.05		0.59	<u>0.66</u>	0.19	0.15		<u>0.57</u>	0.44	0.55	0.23		0.58	<u>0.59</u>	0.07	0.44	
ubj	-0.46	-0.44	0.43	-0.47		0.30	0.31	0.07	0.56		0.23	0.34	0.23	0.71		0.24	0.33	0.60	0.10	
	2005					2007					2008									
pad	<u>0.69</u>	-0.05	0.14	0.55		<u>0.63</u>	0.13	0.30	0.18		<u>0.76</u>	0.24	0.05	0.26						
jag	0.25	<u>0.75</u>	0.43	-0.02		0.21	<u>0.68</u>	0.37	0.15		0.56	<u>0.72</u>	0.10	0.16						
tar	<u>0.67</u>	-0.32	0.36	0.02		<u>0.69</u>	0.22	0.34	0.08		<u>0.63</u>	0.26	0.38	0.33						
dar	0.24	-0.55	0.11	-0.75		0.05	0.58	0.20	0.66		0.04	0.47	0.60	0.53						

dsp	<u>0.71</u>	-0.36	0.06	0.15	<u>0.71</u>	0.28	0.18	0.33	0.39	<u>0.59</u>	0.32	0.44
ked	0.50	0.31	-0.73	-0.07	0.53	-	-	0.02	0.45	0.15	0.63	-
kct	<u>0.64</u>	0.38	-0.51	-0.23	<u>0.64</u>	-	-	-	<u>0.58</u>	-	0.31	-
ubk	0.14	<u>0.73</u>	0.44	-0.29	0.12	<u>0.74</u>	-	0.35	0.30	<u>0.81</u>	-	-
ubj	<u>-0.51</u>	0.09	-0.23	0.18	-	-	-	0.66	-	-	0.45	0.34

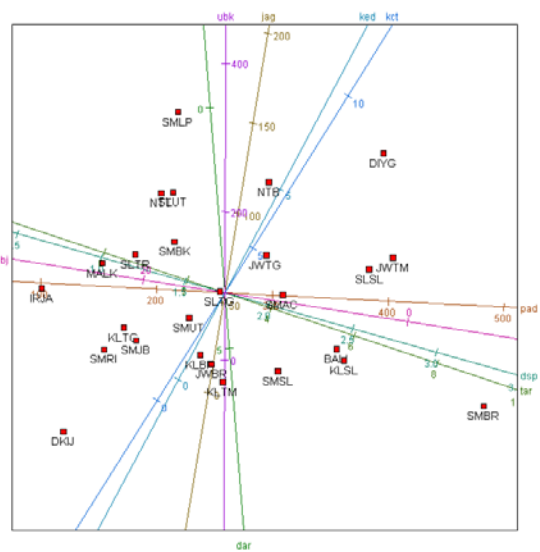
Lampiran 3. Kualitas peubah pada 4 komponen pertama.

	Jumlah kuadrat muatan							Total ragam						
	1985	1990	1995	2000	2005	2007	2008	1985	1990	1995	2000	2005	2007	2008
pad	0.40	0.36	0.37	0.55	0.49	0.28	0.34	0.79	0.66	0.70	0.85	0.80	0.54	0.70
jag	0.34	0.40	0.42	0.42	0.46	0.42	0.42	0.79	0.81	0.79	0.81	0.81	0.66	0.86
tar	0.71	0.38	0.42	0.45	0.33	0.33	0.40	0.91	0.65	0.78	0.70	0.68	0.65	0.71
dar	0.43	0.50	0.54	0.56	0.72	0.61	0.59	0.89	0.73	0.82	0.83	0.93	0.81	0.85
dsp	0.42	0.70	0.49	0.36	0.29	0.38	0.47	0.57	0.80	0.68	0.61	0.66	0.71	0.79
ked	0.41	0.50	0.39	0.42	0.54	0.53	0.58	0.69	0.81	0.76	0.89	0.89	0.83	0.87
kct	0.41	0.32	0.32	0.42	0.48	0.47	0.42	0.84	0.76	0.82	0.89	0.86	0.82	0.70
ubk	0.36	0.45	0.50	0.50	0.51	0.47	0.42	0.75	0.85	0.88	0.88	0.84	0.72	0.81
ubj	0.53	0.39	0.55	0.32	0.18	0.51	0.37	0.81	0.51	0.73	0.53	0.35	0.71	0.60

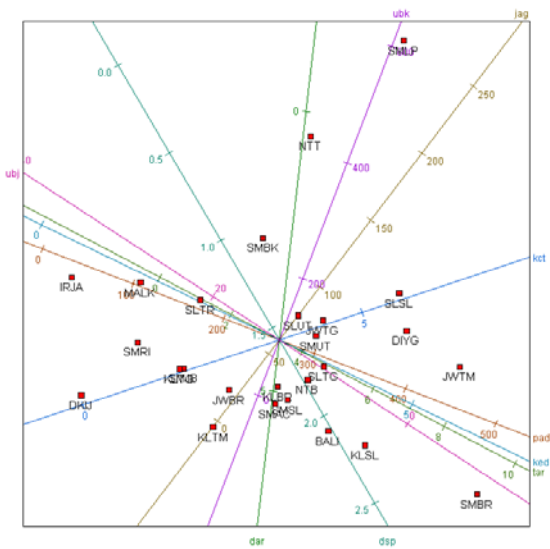
Gugus data 2005



Gugus data 2007



Gugus data 2008



Lampiran 5. Rataan galat relaif absolut biplotGw untuk pada setiap gugus data.

Gugus data	pad	jag	tar	dar	dsp	ked	kct	ubk	ubj
1985	10.30	9.58	18.71	12.05	15.23	15.55	10.19	10.89	9.39
1990	12.21	7.90	14.10	13.55	17.41	11.73	8.11	7.80	11.42
1995	15.06	11.45	11.63	12.32	14.64	12.06	9.87	10.36	11.48
2000	15.46	12.61	15.79	16.42	14.01	9.30	7.52	10.71	10.89
2005	13.97	8.60	11.31	15.05	11.42	11.59	10.57	9.03	9.80
2007	15.07	10.30	11.73	13.39	11.91	11.49	9.90	8.81	9.66
2008	11.23	6.13	11.38	13.03	13.42	13.59	11.74	7.76	10.02